

작업 환경의 은유적 매핑을 이용한 실제와 가상세계의 암시적 융합

이명호* · 이명희** · 권은*** · 김정현****

1. 서 론

혼합현실(Mixed reality)이란 실제 환경 (Real environment)과 가상환경(Virtual environment)이 융합 된 가상현실이다. 그림 1에서 볼 수 있듯이 혼합현실은 어디에 기반을 두느냐에 따라 증강현실 (Augmented reality)과 증강가상현실 (Augmented virtuality)로 나뉜다[1]. 지금까지의 연구들은 두 경우 모두 융합에 있어 부자연스러움을 최소화 하고자 노력해 왔다. 즉, 실제 현실과 가상현실과의 결합이 가능한 정확하고 (accurate) 명시적으로 (explicit) 이루어지도록 하였다.

실제 환경과 가상환경을 융합하는 과정을 정합 (Registration)이라고 한다. 정합에는 기하학적 좌표들이 일치하도록 하는 기하학적 정합 (Geometric registration), 광학적 성질들이 일치 되도록 하는 광학적 정합 (Photometric registration), 사용자 시점의 변화 등으로 발생하는 시간 차를 해결하는 시간적 정합 (Temporal registration)이 있으며, 이 외에도 지각되는 감각을 일치 시키려 하는 감각적 정합 (Perceptual registration)등도 있다[2]. 예를 들어, 연구자들은 이러한 정합이 가능한 정확하게 이뤄지도록 다양한 시도를 해왔다. 대형 스크린, HMD, 스테레오 모니터, 초음파 트래커, 자기장 트래커 등 다양한 기기를 사용하였고, 센서의 측정 속도나 정밀도를 향상 시키려 노력해왔다. 또한 다양한 영상처리 기법, 보정기법을 사용하였다[3,4].

이상적인 정합을 통해서 실제 환경과 가상환경을 결합한다면 이를 통해서 얻어진 환경은 일관성 있는 혼합 환경이 될 것이다. 그리고 모든 인터랙

※ 교신저자(Corresponding Author) : 김정현, 주소 : 서울시 성북구 안암동 5가 1번지(136-713), 전화 : 02)3290-3196, FAX : 02)3290-3196, E-mail : gjkim@korea.ac.kr

* 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 석사 (E-mail : mlee153@korea.ac.kr)

** 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 석사과정 (E-mail : revise1@naver.com)

*** 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 석사과정 (E-mail : eunkwon@korea.ac.kr)

**** 고려대학교 정보통신공학부 교수

※ 본 논문의 내용은 2009 IEEE Intl. Symp. on Mixed and Augmented Reality 에 발표 된 포스터를 (정식 논문으로 불 인정) 중심으로 그리고 추가 실험 및 내용을 첨가하여 작성 되었습니다 (참고 문헌 참조).

※ 본 연구는 지경부/한국산업기술진흥원의 전략인력양성사업 (실감형 플랫폼) 및 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2009년도 문화콘텐츠산업기술지원사업의 지원으로 수행 되었음.

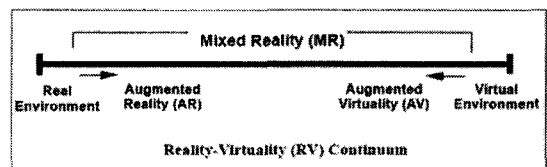


그림 1. Mixed Reality Continuum (1)

션 (Interaction)은 그 일관성 있는 혼합 환경 속에서 이루어지게 될 것이다. 그림 2는 기존의 강하게 결합된 혼합현실을 나타내고 있다. 모든 정합이 정확히 이루어 졌고, 실시간으로 동작하며, 1인칭 시점을 갖고 있다. 사용자는 정확한 정합에 의해 얻어진 일관성 있는 혼합현실 위에서 인터랙션을 하게 된다.

그러므로 우리는 결합의 정도 (Degree of association)가 혼합현실의 사용성에 중요한 요소임을 추측할 수 있다. 예를 들어, 데스크 탑 증강현실 시스템 (Desktop augmented reality system)에서 두 환경간의 시점의 불일치는 결합을 약화 시키는 요인이 되었고, 데스크 탑 증강현실 시스템의 연구자들은 그로인해 인터랙션의 효율성 측면에서 작업 수행의 능률이 떨어짐을 지적하였다[5]. 하지만 시점의 불일치를 해소하기 위해 HMD를 사용하거나 특별한 센서를 사용한다면, 아이러니컬하게도 그것의 착용으로 인한 새로운 사용성 문제가 발생할 것이다. 게다가 특별한 기기의 사용은 추가적인 비용을 발생시키고, 때로는 복잡한 계산 과정을 요구하기도 한다. 이는 비단 데스크 탑 증강현실 시스템만의 문제가 아니라, 좀 더 정확하게 정합시키고자 하는 모든 혼합현실 시스템의

문제이다.

지금까지 대부분의 혼합현실에 관련된 연구들은 시스템 단계에서 실제 환경과 가상환경을 가능한 정확하게 결합시키려고 노력해왔다. 하지만 우리는 이 논문에서 그와는 다른 방법을 제안하고자 한다. 기존의 방법이 두 개의 환경을 융합해 하나의 새로운 환경을 만들고자 노력했다면, 우리가 제안하는 방법은 두 개의 공간적으로 분리된 환경을 그대로 유지하는 것이다. 다만 두 공간 사이에 최소한으로 명시된 결합만을 유지하며, 사용자로 하여금 그 두 공간을 하나로 합치도록 한다. 공간의 융합은 사용자의 머릿속에서 이루어지며 이는 사용자의 인지력에 큰 짐이 될 가능성이 있다. 따라서 두 공간 사이에 직관적이고 비유적인 연결이 필수적일 것이다.

2. Loosely Coupled Mixed Reality (LMR)

우리가 이 논문에서 제안하는 혼합현실에 대한 새로운 접근법은 기존의 방법에 비해 결합이 약하게 이루어졌다고 하여 Loosely Coupled Mixed Reality (LMR)라고 부른다.

2.1 개념 설명

그림 3과 그림 4는 LMR의 개념의 예시 들이다. 그림에서 볼 수 있듯이 사용자는 두 개의 공간적으로 분리된 현실을 가지고 보거나 느낄 수 있다. 그림 3의 경우, 그 하나가 사용자가 위치 해 있는 사무실의 공간이며, 다른 하나는 Hand-held 모바일 기기 상의 가상의 축구 게임 공간이다. 각각의 두 공간들 사이에는 간단한 맵핑 (Mapping)이 성립되어 있다 (사각형의 사무실 공간 = 가상 축구장, 사무실 문 = 가상 축구 골대, 바깥 거리 공간

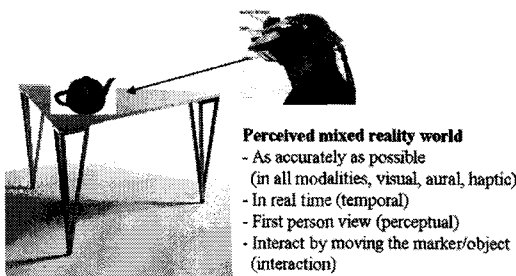


그림 2. 기존의 강하게 결합된 혼합현실의 예. 정확한 트래킹, 실시간 처리와 1인칭 시점등 이상적인 "명시적" 표현방법을 통해서 사용자는 매우 자연스럽고 일관성 있는 혼합현실 환경을 감상할 수 있다.

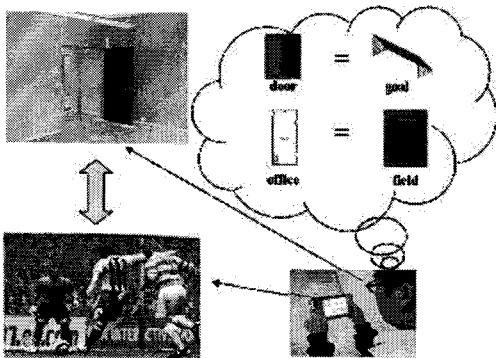


그림 3. Loosely Coupled Mixed Reality (예시 1): 실제 사무실 - 가상 축구장, 사무실 문 - 가상 골대로의 매핑. 사용자는 이러한 매핑을 마음에 두고 실제 환경에서 움직이고 모션 기반 인터페이스를 사용하여 축구를 하게 되며 이는 휴대형 가상환경에 반영 되어 사용자에게 피드백이 된다.

공간인 사무실의 문은 가상공간인 게임속의 골대와 결합되며, 사무실의 공간은 축구게임의 필드로 연결된다. 이들이 통합 된 혼합현실 환경은 사용자의 머릿속에서 인터액션이나 각종 피드백을 통해 형성이 되며, 사용자는 이러한 맵핑에 점차 익숙해 질 것이다. 특히, 보다 자연스러운 은유관계가 존재 할 수록 더욱 쉽게 두 공간을 머릿속에서 결합시킬 수 있을 것이다. 이것은 일반 인터랙션 디자인에서도 필요한 요소이다.

위의 예시에서 실제공간과 가상공간의 결합의 가장 중요한 연결 고리가 환경 메타포어임을 알 수 있다 (가상 축구장 = 사무실 공간). 사용자는 가상 세계로 매핑 된 실제 환경 속에서 작업을 (사무실 공간에서 움직이며 가상 축구를 하는) 하면서 서로의 매핑 정도를 강화 하고 융합 된 세계를 정신적으로 구축 하게 된다. 따라서, 이 때 인터액션 자체도 버튼 등을 통하여 가상적으로 하는 것이 아니라, 실제 모션기반 (Motion based) 일수록 이 미디어 형태의 의미가 더 살아난다고 할 수 있다.

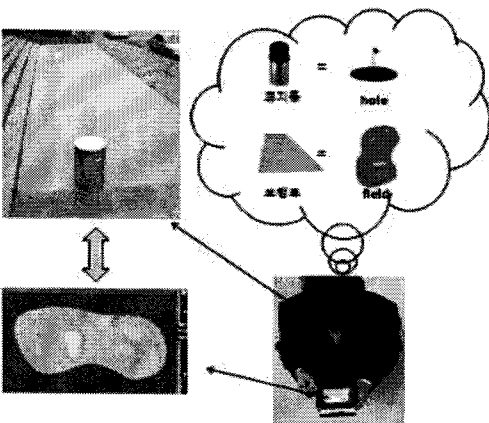


그림 4. Loosely Coupled Mixed Reality (예시 2): 실제 거리 - 가상 골프장, 거리의 휴지통 - 가상 홀/그린. 사용자는 이러한 매핑을 마음에 두고 실제 환경에서 움직이고 모션 기반 인터페이스를 사용하여 골프를 하게 되며 이는 휴대형 가상환경에 반영 되어 사용자에게 피드백이 된다.

모션기반 인터페이스는 이동, 선택, 그리고 조작 등의 상호작용을 사용자의 팔과 다리를 이용해 실제 움직여 수행하는 것으로, 상호작용은 실제공간과 가상공간 모두에서 이뤄진다[6]. 앞서 언급한 축구게임에서 골을 넣는 상황을 통해 모션기반 인터랙션의 필요성에 대해 알아보자. 이미 사무실과 가상의 축구장을 맵핑한 상태라고 가정할 때, 사용자는 골을 넣기 위해 가상의 골대로 맵핑된 사무실의 문 근처로 이동하여야 하며, 동시에 버튼 등의 조작을 통해 가상의 축구선수를 골대로 이동시켜야 한다. 이와 같이 두 가지 인터랙션 모델을 유지하는 것은 사용자에게 부담을 줄 것이다. 그렇기 때문에 우리는 모션기반 인터랙션 하나만을 선택하였다. 모션기반 인터랙션을 선택함

= 가상 골프장 필드, 휴지통 = 가상 홀/그린). 이 맵핑은 사용자의 인지력에 부하를 주지 않기 위해 적은 수이며, 직관적이고 은유적이어야 하는데 특히 주위 환경에 기반을 두고 있다. 예를 들어 실제

으로써 사용자는 공을 넣기 위해 단순히 골대로 맵핑된 사무실의 문 근처로 이동하기만 하면 된다. 이때, 실제 작업 환경에서 움직일 때의 트래킹이나 공을 차는 동작 등의 이벤트 형 인터랙션의 인식은 그리 정교 할 필요가 없다. 이는 트래킹의 경우 실제와 가상 세계 사이에 일어 날 수 있는 위치 에러를 정신적으로 보정 하여 극복 할 수 있기 때문이며, 인터랙션 인식도 (닌텐도의 위 게임기 처럼[7]) Gesture Latitude 의 개념을 통하여 최소의 필요한 동작만 이끌어내고 인식 하면 되기 때문이다 (그림 5 참조).

또한, 그림 4에서도 비슷한 예를 보여준다. 그림 4의 경우, 하나는 사용자가 위치 해 있는 바깥 거리이며, 또 다른 하나는 Hand-held 모바일 기기 상의 가상의 골프장 이다. 사용자는 그림 4와 동일하게 쓰레기통이나 길과 같은 물리적인 실제 현실과 골프 그린이나 코스와 같은 가상현실을 사용자의 머릿속에서 맵핑을 시킨다. 이때 역시, 사용자에게 의해 은유관계는 직관적이다. 위 예의 경우, 사용자가 가상현실과 맵핑된 실제 공간을

움직이는 반응을 통해 골프 그린에 다가가거나 공을 칠 수 있는 것처럼, 실제 현실에서의 사용자의 움직임과 인터랙션 (Interaction)은 트래킹 (Tracking)을 통하여 가상현실에서 동일한 시간에 반응된다. 또한, 이러한 행동이 일어나는 동안 사용자는 휴대형 모바일을 통하여서 자신 혹은 다른 플레이어의 위치나 점수 등의 상태를 매 시간 확인 할 수 있다. 이와 같이 모션기반 인터랙션은 단순한 인터랙션을 넘어 가상공간과 실제공간을 잇는 역할까지 하게 되었다. 우리는 앞서 설명한 새로운 혼합현실에 대한 패러다임을 “약하게 결합된 혼합현실(Loosely Coupled Mixed Reality)”이라고 부른다.

이제 우리는 확실하고 일관성이 있게 혼합현실에 대한 지각력을 통하여, 예를 들어 기존의 증강현실 기반 미디어와 비교하여, LMR을 평가 해 볼 수 있다. 그래서 혼합현실 골프 게임을 통해 실험적으로 실재감의 정도, 몰입감, LMR에 대한 사용성에 대해 비교 해 보았다. 따라서, 이 논문은 다음과 같이 구성이 되었다. 첫 번째로 간략하게 LMR의 쟁점에 대해 논의 하고 관련 연구를 살펴 본다. 그 후 LMR에 대한 더 구체적인 설명과 차별화된 특징과 기술적인 구현 및 실험순서와 결과에 대해 설명 하게 된다.

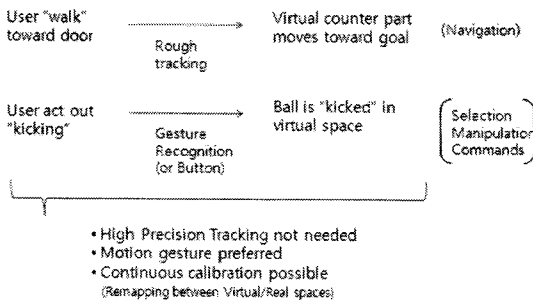


그림 5. 모션 기반 인터페이스를 이용한 실제-가상 융합의 강화. 예를 들어, 사용자가 실제 공간에서 Navigation 하면 간단한 트래킹을 통하여 이를 가상환경에 반영 할 수 있다. 또한, 축구의 차는 동작, 골프의 스윙 동작 등 이벤트 형 인터랙션을 인식 하여 이를 대응하는 가상환경에 반영 할 수 있다. 이때 트래킹이나 인식은 매우 정교 할 필요가 없다.

3. LMR의 쟁점 및 관련 연구

3.1 사실적인 묘사와 융합

혼합현실 콘텐츠는 Milgram 의 혼합현실연속체 속에서[1] 가상현실과 실제현실의 혼합률에 따라 대략적으로 분류된다 (예: 가상>실제 일때는 Virtualized reality 형, 실제>가상 일때는 증강현실형). 그러나, 모든 혼합현실 콘텐츠 형태는 가상과 물리 객체 사이의 정합이 명시적으로

(explicit 하게) 이루어져 있다. 따라서, 암묵적인 정합을 추구하는 LMR은 표현이 다소 부족 할 경우, 혼합현실연속체 안에서 LMR이 자리 잡기에는 다소 어려움이 있다. LMR에 가장 근접하게 사용하고 있는 매체는 위치 기반 형 응용체인 GPS를 사용하는 네비게이션 안내 지도일 것이다. 네비게이터 지도로 운전 시, 실제 도로와 스크린에 지도상으로 맵핑된 부분으로 두 개의 환경이 존재하게 된다.

네비게이션 시스템의 경우 실제 환경과 지도 환경이 같은 객체를 지칭 하므로, 이들을 굳이 융합해야 하는 노력이 필요 없는 반면, LMR의 경우는 실제 환경과 가상의 환경이 은유적인 매핑만이 되어 있을 뿐이므로 추가적인 정신적인 노력이 필요 하게 된다. LMR에서의 결합은 기존의 혼합현실과 지향하는 바가 다르다. 정확한 정합에 의해 하나의 공간이 생성되는 것이 아니라 정합이 이루어진 후 에도 여전히 두 개의 분리된 공간을 갖고 사용자의 머릿속에서 이 둘을 하나로 융합함으로써 사용자 마다 각기 다른 즐거움이나 경험을 생성하게 된다. 즉, LMR을 통해 사용자에게 지각되는 혼합현실은 사용자에게 의해 생성된다고 볼 수 있다[8].

이와 같이 사용자의 인지력에 의지하는 융합은 문제를 갖고 있다. 그 중 하나가 융합된 공간이 사실적이지 않으며 상상에 의지하고 있어 불안정하다는 것이다. 만약 융합하려는 두 공간이 굉장히 복잡한 공간이고 세세한 부분을 다 맵핑하려면 사용자는 두 개의 사실적이고 복잡한 공간을 머릿속에서 융합하는데 부담을 느끼게 되고 제대로 융합할 수 없을 것이다. 그렇기 때문에 융합될 공간은 가능한 단순한 것이 좋다. 사용자의 머릿속에서 두 공간을 하나로 융합할 수 있을 정도의 연결점이면 충분하다. 예를 들어 실제 공간

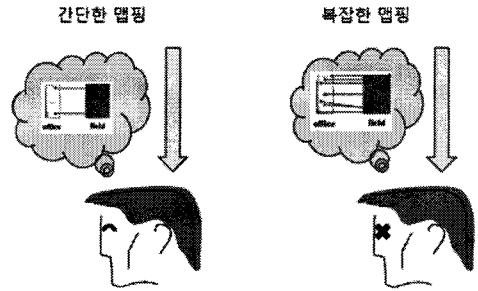


그림 6. 맵핑의 복잡 도에 따른 사용자의 인지적 부담

의 두 개의 물체 (문, 창문)에 양쪽 축구 골대를 맵핑시키는 것이 복잡한 사무실에 큰 스타디움을 세세하게 맵핑시키는 것보다 좋다. 물론 단순한 연결은 복잡한 연결보다 사실적인 느낌을 주지는 못할 것이다. 하지만 복잡한 연결로 인해 두 공간의 융합을 잃는 것 보다는 나을 것이다.

3.2 개인화된 경험

전장에서 언급한 LMR에서의 약한 맵핑은 도리어 다른 종류의 즐거움과 경험을 주어진 범위에서 줄 수 있는 가능성과 자유도를 지니고 있다. 인간은 부족한 감각정보의 내용을 인지적인 능력과 문맥 지식을 통하여 채워 줄 수 있다[8]. 예를 들어, 우리의 망막은 아주 작은 영역이나 시야각을 통해서만이 높은 해상도의 자세한 영상을 감지할 수 있으나, 실제 훨씬 더 넓은 영역에 대하여 높은 해상도의 영상을 인지 할 수 있다. 또 하나의 예로, Object Constancy를 들 수 있는데, 같은 객체를 여러 크기나 다른 각도로 보아도 같은 물체로 인식 하는 것 따위이다. 따라서, 충분한 인지력과 경험을 갖춘 사용자는 자기만의 독특한 인터랙션을 생성할 수 있을 것이다. 이는 “Dance Dance Revolution”이라는 게임을 통해 확인할 수 있다 [9]. 이 게임의 인터페이스는 단순한 발판이 전부인데, 음악과 함께 화면에 나타나는 화살표와 같

은 발판을 적절한 순간에 눌러서 게임을 진행하게 된다. 초보자들은 단순히 화면을 보고 맞는 발판을 누르기만 하지만, 숙련된 사람들은 이러한 인터랙션 위에 자신만의 개성을 나타낼 수 있는 춤 동작을 개발하기도 한다. LMR 또한 이와 같이 숙련에 의해 개인화된 경험을 도출해 낼 수 있을 것이다. 이것은 사용자로 하여금 새로운 재미요소를 찾을 수 있도록 한다.

3.3 LMR에서 실제와 가상공간 사이의 초기 맵핑

실용적인 측면에서 약하게 결합된 혼합현실(LMR)이 잘 동작하려면 두 공간 사이에 초기 맵핑(Initial mapping)과 비율조정 과정(Scaling)이 필요하다. 예를 들어 사무실의 “문”을 축구 게임의 “골대”로 하고, 사무실의 5m를 휴대형 모바일 기기 화면상의 5픽셀로 정의하는 과정 따위가 필요하다. 이것은 혼합현실 공간의 설계자에 의해 제공될 수도 있고, 사용자에 의해 설정 되어 질 수도 있다. 이 논문에서는 LMR 이란 미디어 자체에 대한 소개 및 정의와 검증은 주로 다루므로

매핑 방법에 대해서는 원리만을 간단하게 설명하기로 한다.

그림 7에 2개의 대응점을 (티-오프/시작점 과 홀/그린 지점) 이용한 간단한 가상과 실제 공간의 매핑 방법이 소개 되어 있다. 사용자는 가상 골프 환경에서 빨간 점을 시작점에 설정 하고, 그 위치에 해당 하는 실제 위치에 가서 클릭을 하고, 같은 방법으로 또 다른 대응점을 정의 한다. 물론 이러한 캘리브레이션 방법은 2점 이상의 대응점을 통하여 좀 더 정확하고 정밀하게 확립 할 수 있다. 또한 실제 공간의 지도가 있다면 사용자가 직접 움직이면서 캘리브레이션을 할 필요 없이 수동으로 가상 지도와 실제 지도 사이의 대응점을 설정 할 수 있다. 초기 캘리브레이션 이후, LMR 골프를 사용 하면서 실제 공간 중간 쪽으로 옮겨 갔을 때, 가상환경에서는 초기 캘리브레이션에 의거한 트래킹 된 지점을 시작점-홀지점을 잇는 선상에 표기 하게 될 것이다. 사용자는 자연스러운 인터랙션을 (중간지점에서 골프 스윙) 통하여 재 캘리브레이션을 수행 하고 트래킹 표시 지점을 보정 하게 되는 것이다.

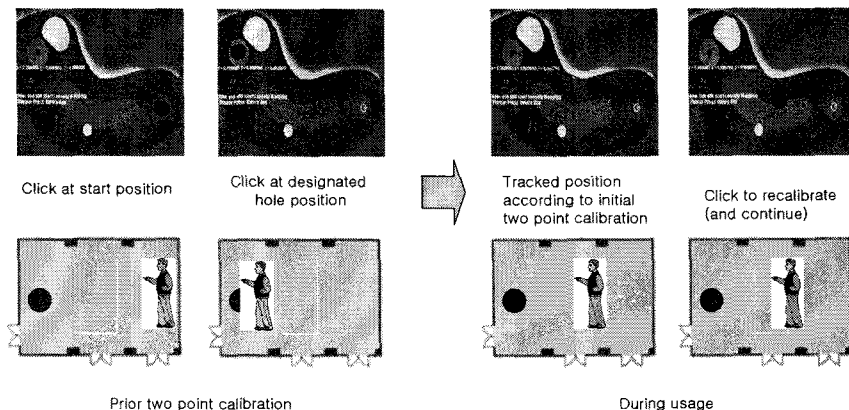


그림 7. 2개의 대응점을 (티-오프/시작점 과 홀/그린 지점) 이용한 간단한 가상과 실제 공간의 매핑 방법 (왼쪽). 초기 캘리브레이션 이후 사용 중의 상황 (오른쪽). 사용자가 실제 공간 중간 쪽으로 옮겨 갔을 때, 가상환경에서는 초기 캘리브레이션에 의거 트래킹 된 지점을 시작점-홀지점을 잇는 선상에 표기. 사용자는 자연스러운 인터랙션을 통하여 재 캘리브레이션을 수행 하고 트래킹 표시 지점을 보정 하게 된다.

3.4 두 개의 공간 사이에서의 인터랙션

Hand-held 형태의 모바일 기기를 이용한 모션 기반 인터랙션은 움직임이 일어나는 기기위에 화면이 위치하기 때문에 동작의 제한이 발생 할 수 있다 (정보를 확인해야 하는 디스플레이가 모션 인터랙션을 행하는 손등에 위치하고 있기 때문에). 사용자가 무슨 동작을 하던 사용자의 시야에 모바일 기기의 화면이 보여야하기 때문이다. 그러나 LMR에서는 사용자가 두 개의 공간을 머릿속에 유지하기 때문에 두 공간 사이를 이동하며 인터랙션 할 수 있다. 즉, 동작의 제한이 없게 된다. 사용자가 큰 동작을 하여 잠시 시야에서 화면이 사라졌다면 사용자는 잠시 현실공간에 기반을 둔 인터랙션을 하게 되고, 다시 화면이 보이게 되면 가상환경과 실제 환경을 적절히 융합하여 인터랙션 하게 될 것이다. 이것은 그림 8과 같은 상황을 가능하게 한다. 그림에서와 같이 실제 공간의 쓰레기통과 가상공간의 골대가 맵핑된 혼합현실을 갖고 있는 사용자는 골을 쏘는 동안 Hand-held 모바일 기기에서 눈을 떴고 쓰레기통을 골로 생각하여 공을 던지는 인터랙션을 할 수 있다. 또한, 이러한 휴대형 기기의 제한 조건 때문에 시각적인 피드백을 받으면서 인터랙션을 할 수 없는 경우 다른 감각기관을 (소리, 촉각) 활용 할 수도 있다.

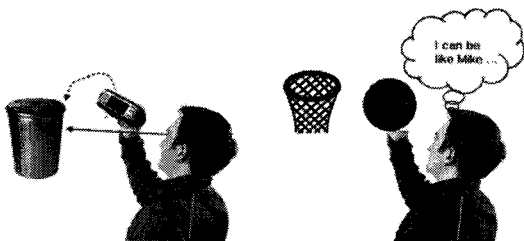


그림 8. 머릿속에서 융합 된 세계를 생각하며, (디스플레이를 직접 보지 않으면서도) 명시적으로 실제와 가상이 융합 되지 않은 공간 (즉, 실제 현실 공간)에서의 인터랙션

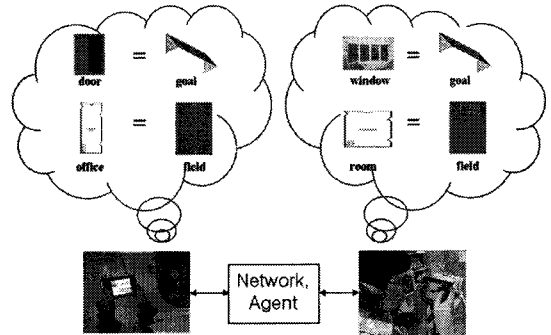


그림 9. 네트워크로 연결된 멀티유저 LMR

3.5 멀티유저

지금까지 본 논문에서 설명한 LMR은 네트워크로 연결된 멀티유저 시스템으로 확장 될 수 있다. 그림 9에는 두 명의 사용자가 연결된 상황이 묘사되어 있다. 두 사용자는 각자의 실제 공간을 갖고 있으며, 하나의 가상공간을 공유하게 된다. 가상공간과 각각의 실제 공간 사이에는 앞서 설명한 것과 같은 방식으로 간단한 맵핑이 설정되어 있다. 한 사용자는 “문”과 “골”을 맵핑하였고, “사무실”과 “필드”를 맵핑하였다. 다른 사용자는 “창문”과 “골”을, “방”과 “필드”를 맵핑하였다. 두 사용자의 하나의 가상공간에서 인터랙션 할 수 있도록 중간에 Agent가 필요하다.

4. LMR의 구현: LMR 골프

이 장에서는, 앞서 소개 된 LMR 의 여러 개념을 어떻게 기술적으로 구현 할 수 있는지 “LMR 골프” 라는 애플리케이션을 통하여 설명 하도록 하겠다.

4.1 LMR 골프

LMR 기반의 골프 게임은, 실제 환경 속에서 움직이면서 모션 기반 인터페이스를 사용 하는

것이 의미가 있는 LMR 기반의 애플리케이션/컨텐츠의 성격에 의거하여, USB 카메라와 가속센서가 부착된 Ultra Mobile PC를 플랫폼으로 사용한다. 카메라는 Hand-held 모바일 기기의 위치 트래킹을 (트래킹에 대한 자세한 설명은 4.2 참조) 위해 사용하였으며, 가속도 센서는 모션 기반 인터랙션을 위해 사용하였다 (예: 골프 스윙 인식). 사운드 출력과 부가적인 키 입력 인터랙션을 (예: “종료” 버튼 따위의 간단한 시스템 커맨드) 위하여 DirectX SDK를[10] 사용하였으며, 가상의 게임 환경을 구성하고, 오브젝트를 렌더링 하기 위하여 OpenSceneGraph (v1.2)를[11] 사용하였다. 그림 10은 LMR 골프 게임의 시스템 구성도를 보여 주고 있다.

4.2 인터랙션

인터랙션은 크게 두 가지로 나누었다. 실제 환경에서 사용자의 위치이동이 게임에 반영되는 인터랙션과 퍼팅을 할 때 모바일 기기를 실제 퍼팅 하듯 휘두르는 인터랙션이 있다. 위치 이동은 카메라를 통해 들어오는 영상정보로 계산되어 지며,

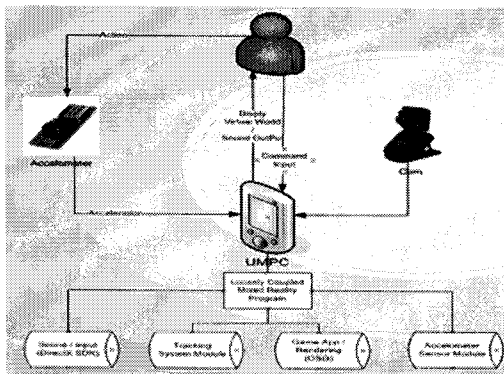


그림 10. LMR 골프게임의 시스템 구성. 휴대형 기기인 UMPC를 플랫폼으로 하며 사용자의 트래킹 및 모션 기반 인터페이스를 지원하기 위하여 카메라 및 가속도 센서를 사용 한다.

다양한 방법이 있겠지만 비교적 간단하며 널리 사용되어지는 ARToolKit을[12] 이용하여 모바일 기기의 위치를 측정하였다. 그림 12에서처럼 다중 마커를 만들어서 게임을 진행하게 될 공간 바닥에 깔고 게임을 진행하게 된다. LMR의 실효성을 검증하기 위한 데모이기 때문에 간단한 마커를 사용하여 인터랙션 공간이 제한되는 단점이 생겼지만, 이후에 개발될 응용프로그램들은 마커를 사용하지 않고 모바일 기기의 위치를 트래킹 할 것이다. GPS, MonoSLAM [13], PTAM [14] 또는 관성센서의 조합 등을 통해 해결 할 수 있을 것이다. 퍼팅 인터랙션은 퍼팅의 강도를 조절하기위해 가속도 센서의 한 축 값을 사용한다.

가. 공간 매핑 (Spatial Mapping)

그림12와 같이, 사용자는 직접 가상현실과 실제 현실사이에 대응되는 두 개의 점을 설정한다. 예를 들어 S라고 하는 ‘티샷 점’ 즉 시작 점’의 위치에 서서 버튼을 누른다. 그리고 ‘홀’ 이 되는 ‘끝점’인 E라고 하는 위치에 가서 동일한 행동을 취한다. 이렇게 맵 ping과 초기화가 되는 동안은 오프라인에서 진행된다.

나. 위치 이동 (Tracking)

2개의 공간이 서로 맵핑된 후, 사용자는 시작점에서 스윙을 하여 골프를 시작하게 된다. 이때

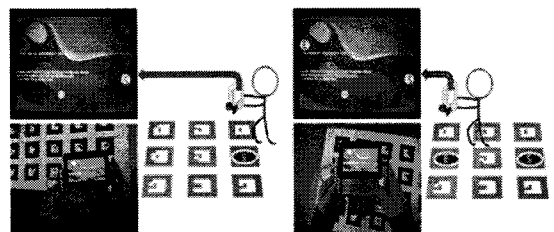


그림 12. 실제와 가상 골프장 사이의 초기 공간 맵핑 과정. 사용자가 시작점과 끝점 (홀/그린)으로 직접 이동하여 클릭을 통하여 서로의 대응 점을 설정 한다.

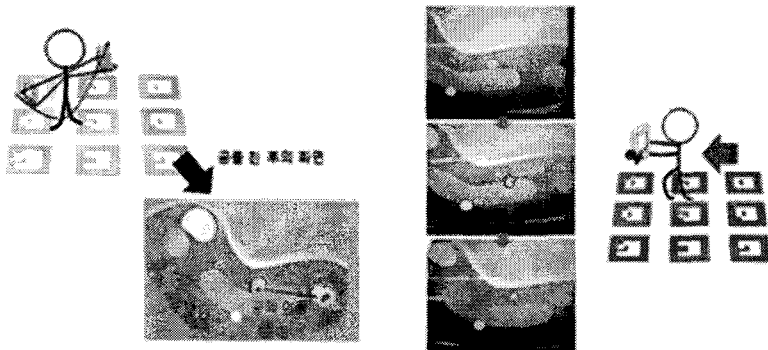


그림 13. LMR 골프게임에서의 상호작용 및 위치 트래킹. 사용자가 시작점에서 가속도 센서를 이용하여 골프 스윙을 수행 한다. 골프 스윙이 인식 되면 가상 골프공이 가상 공간에서 어느 지점으로 시뮬레이션을 통하여 날아가 새로운 가상 위치에 놓이게 된다 (왼쪽). 사용자는 그 가상 위치에 해당 한다고 생각하는 실제 위치로 이동하며 자신의 가상공간에서의 대응 위치도 확인 한다 (오른쪽, 빨간 동그라미). 자신의 가상 위치가 골프공이 떨어진 위치와 일치 할 때, 사용자는 그 곳에서 두 번째로 스윙을 하게 된다. 혹은 자신의 위치가 골프공 위치와 완전 일치 하지 않더라도 (즉 어느 정도 가까운 위치), 강제 캘리브레이션을 통하여 매핑을 재조정하고 그 위치에서 두 번째 스윙을 할 수도 있다.

UMPC에서는 가상의 골프공이 (스크린 속에서) 이동하는 모습을 보여준다. 사용자는 새로운 공의 (가상의) 위치에 대해 대응 되는 실제 공간에서의 위치를 확인하고 해당 위치로 걸어가 계속 게임을 진행 할 수 있다. 사용자가 가상 골프공의 위치에 대응하는 실제 위치로 이동하면서 UMPC는 가상 골프공의 위치와 더불어 움직이는 사용자의 가상 세계에서의 (대응) 위치를 같이 보여주게 된다. 이로써 사용자는 자기의 가상 세계에서의 위치가 가상 골프공의 위치와 일치 하도록 실제공간에서 이동하는 것이다. 그러나, 이들의 위치가 설령 일치 하지 않더라도, 사용자는 도리어 가상 골프공의 위치를 자신이 원하는 위치에 강제로 일치 되도록 Override 할 수 있다. 이것은 일종의 on-line 재 캘리브레이션이라고 할 수 있는데, 즉, 기존의 두 대응점과 상기 한 대로 새로운 대응점을 자연스러운 인터랙션을 통하여 설정하여 좀 더 정확한 매핑을 구현 할 수 있을 것이다. 이렇게 어플리케이션의 특성에 종속적으로 작동된다는 것은 트래킹이 어느 한도 내의 정확성만 확보 하면 된다는

것을 보여준다. 다만, 사용자가 특별한 작업수행의 (혹은 게임 진행의) 불편함이 없을 정도의 트래킹의 한도는 차후 연구의 주제로 남아 있다.

다. 가상과 실제 세계 융합의 인지적 부담

LMR의 중심 생각은 사용자가 실제 현실과 가상현실을 통합 할 수 있도록 자유도와 책임을 주는 것이다. 사람들이 프로세스에 대해 숙련될수록, 적당한 인지능력의 발생이 일어난다고 볼 수 있다. 예를 들면, 만일 골프 게임에서 사용자가 알아야 할 많은 대응점이 존재 한다면거나 UMPC가 너무 많은 영상 정보를 보여준다면, 사용자는 혼란스럽게 되고 일관된 혼합 현실모델을 정립하는데 어려움을 겪게 될 것이다. 이것은 대부분의 사람들이 더욱 현실감이 있고 복잡한 3D 화면을 가진 네이게이션 보다 다소 간단한 2D 네비게이션을 선호하는 현상과 유사함을 보여준다. 이러한 사실로 인해, 간략한 두 개의 현실이 보다 사용자의 상상력을 자극 할 것이라 가정을 하게 한다 (그림 14 참조).

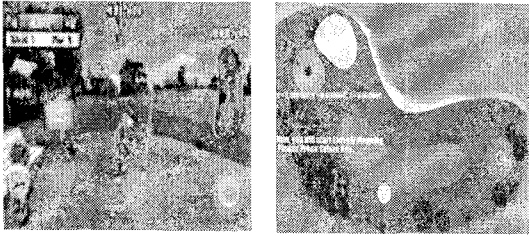


그림 14. 가상/실제의 쉬운 융합을 위한 LMR 골프의 간단한 화면 (오른쪽) vs. 기존의 사실적이고 복잡한 골프게임 화면 (왼쪽)

라. 가상현실과 실제 현실 사이에서의 인터랙션

일반적인 Hand-held 모바일을 사용한 모션 기반의 인터랙션은 움직임과 관련된 인터랙션의 동시적인 발생을 화면에 나타내며 관련하여 문제점을 나타낸다. LMR 골프에서는 상상력을 통하여 가상환경을 참조 하지 않고 현실 공간에서 상호작용 할 수 있다. 예를 들어 스윙하는 자세를 취했을 때, 사용자는 UMPC를 들여다 볼 필요 없이 실제 현실공간을 바라봐도 무방하다.

5. 실험

이번 장에서, 실험을 통하여, 기존의 대표적인 Tightly coupled 혼합현실의 형태인 증강현실과 비교하여, LMR을 통하여 사용자가 얼마나 일관되게 융합된 혼합현실을 지각 할 수 있을지에 대해 알아보고자 한다,

5.1 실험 설계와 주요 가설

실험은 피 실험자 사이에 하나의 요소를 가지고 설계 되었다. 그 요소는 증강 현실과 LMR을 사용한 혼합 현실 형태의 형식요소이다. 측정된 변수들은 공간감, 실재감, 몰입감, 그리고 사용성을 포함한 단계별 질문에 대한 다양한 답변들이다. 임무 수행시간과 하나의 홀을 맞추는 횟수가

기록이 되었다. 우리의 주요 가설은 증강 현실과 비교하여, 시각적 응답에 대해 명확한 기록이 부족함에도 불구하고 LMR이 증강 현실에 준하는 지각력을 제공한다는 것이다.

5.2 실험 환경

증강 현실이나 LMR을 기반으로 한 골프게임이 실험 환경으로 사용되었고, Multi-marker가 양 쪽의 위치 트래킹을 위해 사용되었다 (이러한 이유로 트래킹의 정확도에 대해선 차이가 없도록 실험환경이 설정 된 것임). 인터랙션을 위한 실험 환경을 같게 하기 위하여, 버튼을 사용한 인터랙션이 사용되었다 (증강 현실에서 골프게임은, 사용자가 스크린을 볼 필요가 있기 때문이다). 증강 현실과 LMR 골프 테스트 환경은 동일한 실제 환경이 사용되었다. 그림 15와 그림 16는 UMPC를 통한 영상과, 실제 현실의 Multi-marker를 통한 각각의 시각적인 골프 환경을 보여준다. LMR 골프의 경우 몇 개의 실제 물체들이 시작점과 홀을 지시하기 위해 사용되었다.

5.3 실험 목적과 진행

총 32명의 피 실험자들이 실험에 참여를 하였고, 평균 23살의 남자 16명과 여자 16명으로 구성이 되었다. 피 실험자들은 증강현실과 LMR의 2개 그룹으로 나뉘었다. 실험목적과 어떻게 증강 현실과 LMR을 가동하는지에 대한 간략한 설명을 하고, 피 실험자 그룹은 5번에 걸쳐 홀을 맞추도록 골프게임을 하였다. 임무를 완성 한 후, 피 실험자들은 Table 1과 같이 리커드 7점 척도로 구성된 설문지를 완성했다. 설문지는 공간감, 실재감, 몰입감, 주의 흐림 (피리감), 흥미감, 트래킹과 사용 성으로 구성되어 있다. 임무 수행 시간과 스윙 개수도 기록이 되었다.

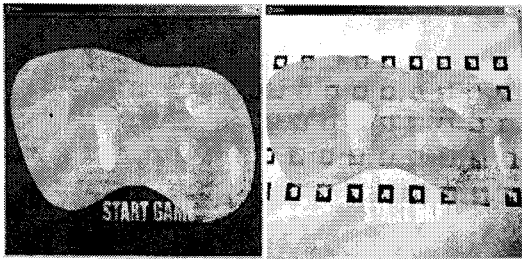


그림 15. LMR 버전(좌)과 AR 버전(우)의 골프게임 화면

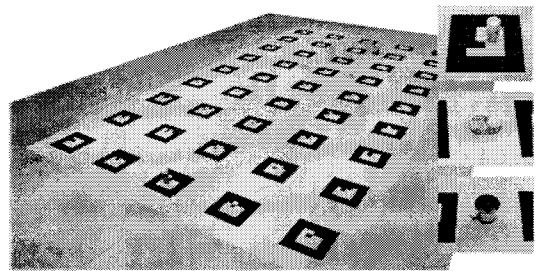


그림 16. LMR을 위한 실험환경. 실제 환경 바닥에 멀티마커를 사용하여 트래킹을 수행하였고, 트래킹의 차이에 의한 실험 결과의 편차를 막기 위하여 같은 트래킹 방법을 사용하였다 (왼쪽). 환경 은유적인 매핑을 위해 사용된 실제 물체들 (예: bunker, 홀/그린 지칭하는 실제 환경 속의 물체, 오른쪽)

6. 결과 및 토의

6.1 설문지 답변

그림 17은 공간감(Q1~Q5)에 대한 질문의 답변과 관련한 분석 결과를 보여주고 있다. 일반적으로, 3번과 5번 질문을 제외하고는 유의한 차이를 보일만한 통계는 나타나지 않았다. (각각 $p\text{-value} = 0.0035$ and < 0.000). 우리는 일반적인 공간감의 정도가 다르지 않고 비슷하다고 분석하

였다. 즉, LMR의 사용자들은 실험하는 동안 증강 현실의 사용자들처럼 물리적 공간과 관련하여 그들의 공간 위치를 잘 알 수 있었다.

그림 18과 그림 19는 실제감과 몰입감, 그리고 주의 흐림에 대한 설문에 관련된 결과이다. 증강

Table 1. LMR 골프 및 AR 골프에 대한 7점 척도 설문지

설문 주제	질문번호	각 실험 환경에 대한 설문
공간감	Q1	골프를 치는 동안 공의 위치와 자신의 위치를 알기가 얼마나 어려웠습니까?
	Q2	실제공간(실험실)의 자신의 위치가 게임 속 골프장의 어디쯤에 해당하는지 알기가 어려웠습니까?
	Q3	게임을 하는 동안 자신의 위치가 상대적으로 어디에 가깝다고 생각되었습니까?
실제감/몰입감	Q6	게임을 하는 동안 자신이 게임 속 골프장에 와 있다는 느낌이 들었습니까?
	Q7	골프를 치는 동안 얼마나 게임에 집중(몰두)했다고 생각합니까?(immersion)
	Q8	가상의 게임환경에서의 경험에 실제로 참여하고 있는 느낌이 얼마나 됩니까?(involvement)
주의흐림	Q9	골프게임을 하는 동안 실험실 환경(소리, 움직임 등)이 주의를 얼마나 흐리게 하는가? (distraction)
	Q10	골프게임을 하는 동안 실제로 주위에 무엇이 있었는지 잘 인식 할 수 있었습니까?
인터페이스/사용성	Q11	인터페이스를 사용하기가 얼마나 어렵습니까?
	Q12	인터페이스 사용법 배우는 게 얼마나 어렵습니까?
	Q13	인터페이스 사용하는 것이 얼마나 자연스럽습니까?
트래킹	Q15	위치/방향 트래킹의 정확성이 어느 정도입니까?
흥미도	Q16	주어진 게임을 사용하는 것이 얼마나 재미있었습니까?

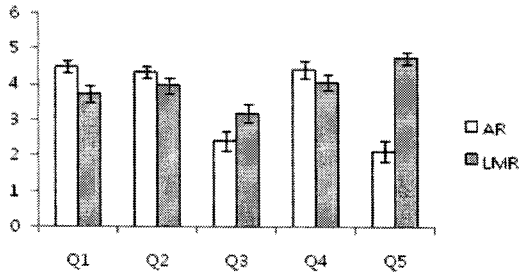


그림 17. AR vs. LMR 공간감 항목 결과

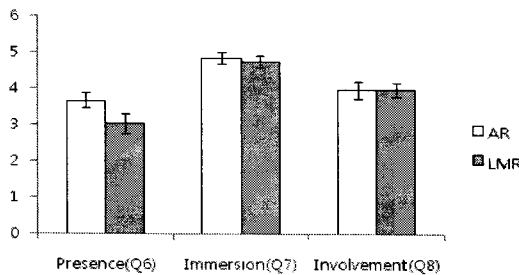


그림 18. AR vs. LMR 실재감 항목 결과

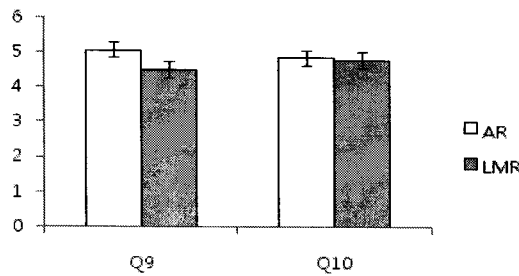


그림 19. AR vs. LMR 주의 흐림 항목 결과

현실과 LMR 사이에 유의한 차이는 없었다. 여기서 Q6~Q8은 혼합 현실과의 일체감을 나타낸다. LMR과 증강현실의 일관된 혼합현실 모델의 정도를 비교해 볼 수 있음을 결과로 나타내었다. 또한, LMR이 물리적인 공간에 더욱 종속될수록, LMR의 사용자들은 중요하지 않은 환경 요소들로 인해 주의가 더 흐려짐을 확인하였다. 그러나 고수준으로 몰입할 경우 이러한 일들의 발생 가능성은 낮아 보였다.

일반적인 사용성에 있어서, 작지만 유의한 차

이가 Q11과 Q12사이에서 나타났다. 포스트 인터뷰를 통하여 사용성이 디스플레이 오리엔테이션에 많은 영향을 받았던 것을 알 수 있었다. 즉, AR 골프에서는 사용자가 실제 환경 속에서 방향을 바꾸면 가상 디스플레이도 그 방향에 맞추어 바뀌었으나, LMR 골프에서는 일정한 오리엔테이션으로 디스플레이가 보여 졌다. 비록 이러한 특징이 의도적인 실험적인 목적으로 사용 되었지만, 이 발견으로 인해 자세에 종속된 영상표현은 미래의 LMR 어플리케이션에 채택 될 수 있음을 알 수 있다. LMR은 직관적이지만, 개념을 설명하고 사용자를 이해시키기에는 처음에는 다소 어려움을 가지고 있다. 그림 20을 통해 둘 모두 높은 사용성을 보임을 볼 수 있으며, 약간의 차이가 있지만 이러한 차이가 흥미도에 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 그림 21은 이러한 사실을 뒷받침 해 준다.

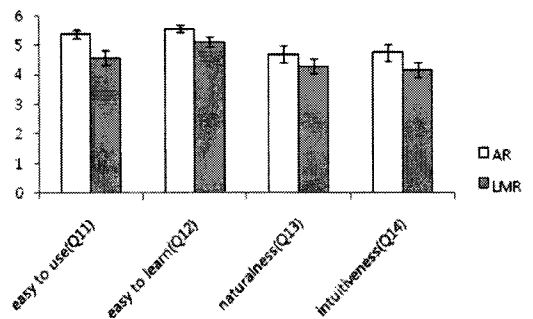


그림 20. AR vs. LMR 사용 성 항목 결과

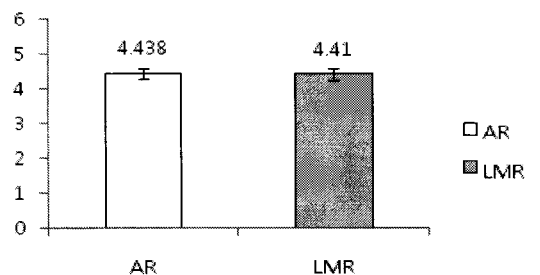


그림 21. AR vs. LMR 흥미도 항목 결과

6.2 정량적 임무 수행 성취도

그림 22는 증강 현실 사용자와 LMR 사용자간의 임무수행 성취도를 보인다. 하나의 홀을 완성 시키는데 걸리는 시간과 타수의 평균을 나타내 보이는 통계에서 유의할 만한 결과가 보였다 (각각 p-value < 0.000 and < 0.000). 사용자들과 인터뷰 이후, 그린이 다가서는 부분과 홀을 집중 조명하는 것에 대한 부분적인 어려움을 발견하였다. 그림 23은 LMR 사용자들이 홀에 다가서고 홀 근처에서 보내는 시간을 보여준다. 홀 근처에서의 소비되는 시간은 그린 근처에서 소비하는 시간보다 상대적으로 많았다. 이것은 LMR 디스플레이에서 사용자의 위치를 표시하지 않았기 때문이라 보고하고 있다. 때문에, 증강현실 보다 물리적 실제 공간과 가상 골프 코스 사이의 맵핑의 크기는 이러한 문제를 더욱 심각하게 기인하게 한다. 이

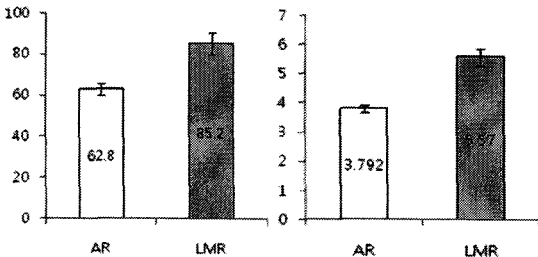


그림 22. 골프 평균타수(우)와 평균 수행시간(좌) 비교

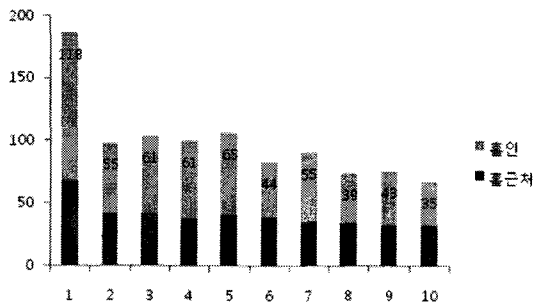


그림 23. LMR에서의 수행시간 성분 (각 시도 별, 총 10회)

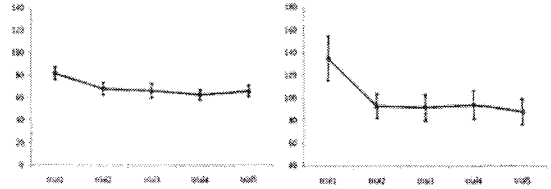


그림 24. 증강 현실(좌)과 LMR(우)의 학습 효과 비교.

러한 문제는 줌 인이 가능한 LMR 디스플레이를 사용하거나, 실제 현실과 가상현실 사이의 맵핑의 비율을 줄여서 완화 시킬 수 있다.

그림 24는 증강 현실과 LMR 사이의 유저들의 학습 효과에 대해 보여준다. 이미 지적 하였듯이, 직관적인 LMR은 처음에는 어떻게 두 현실 간에 상호작용을 하는지에 대한 이해가 어렵다. 하지만, 두 개념을 이해 한 이후의 임무 수행 성취도는 급격히 증가한다.

7. 결 론

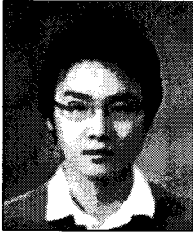
우리는 이 연구를 통해 LMR 이라는 혼합현실에 대한 새로운 접근 방법을 제시하였다. 그것은 기존의 연구들이 시스템 단계에서 가능한 정확하게 정합하여 일관성 있는 혼합현실 공간을 만들려고 노력했던데 반하여, 실제공간과 가상공간을 두 개의 분리된 공간으로 유지하고 사용자의 인지력에 의해 그 둘을 융합하는 방법이다. LMR은 기동력이 있고, 간단하며 최소한의 가상적 표현과 비시각적인 상호작용이 가능하다는 독특한 특성을 가지고 있기에, 다중인터페이스의 채택과 관련된 새로운 기회를 얻게 되었다. 우리는 이 방법의 실효성을 검증하기 위해 LMR 패러다임을 이용하여 골프 게임을 개발하였고 증강 현실과 비교하여 데모하였다. 또한, 실험을 통하여 더욱 효과적으로 인터랙션을 하도록 LMR을 개발하는 방법을 알게 되었다. 그 결과 LMR은 기존의 혼합현실과

는 다른 경험을 사용자에게 제공함을 알 수 있었고, LMR에 관한 흥미로운 쟁점들을 발견할 수 있었다. 또한 휴대형 모바일 기기에 다양하게 적용될 수 있는 가능성을 엿볼 수 있었다.

LMR 착안의 등기가 되었던 트래킹의 정확도 문제는 기존의 혼합현실 기술들과 마찬가지로 LMR에서도 문제가 되었다. 하지만 트래킹의 오차로 인해 발생하는 오류에는 기존의 혼합현실 기술에 비해 상당히 덜 민감함을 볼 수 있었다. 이는 두 공간을 유지하면서 혼합현실감은 사용자의 인지력에 의지하였기 때문이라고 생각된다. 이러한 측면을 따라, 미래에는 LMR을 위한 적합한 트래킹을 위한 저가의 센서모듈의 개발이 필요하며, 동시에 덜 정확한 트래킹에 대하여 어느 수준까지 사용자가 견딜 수 있으며 LMR에 대해 어느 정도의 정확한 트래킹을 정의하는지에 대해 알아볼 필요가 있다. 결론적으로 LMR은 특히 모바일에 적합하며, 많은 시각적 답신과 정확한 트래킹을 줄인 새로운 형태의 실용적인 혼합현실의 매체의 가능성을 가지고 있다.

참 고 문 헌

- [1] P. Milgram, H. Takemura, A. Utsumi and F. Kishino, "Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum," Proc. SPIE Conf. Telemanipulator and Telepresence Technologies, Vol.2351, 34, pp. 282-292, 1994.
- [2] H. Yang and H. Kim, "혼합현실감의 신비," The Chosun Ilbo (Korean), p.19, January 10, 2003.
- [3] A. Takagi et al., "Development of a Stereo Video See-through HMD for AR Systems," Proc. of Int'l Symp. Augmented Reality, pp. 68-77, 2000.
- [4] A. Comport, E. Marchand and F. Chaumette, "A real-time tracker for markerless augmented reality," Proc. of Int'l Symp. on Mixed and Augmented Reality, pp. 36-45, 2003.
- [5] S. Jeon and G. Kim, "Mosaicing a Wide Field of View for Desktop Augmented Reality," Proc. of Int'l. Symp. on Mixed and Augmented Reality (Poster), 2007.
- [6] J. Hwang and G. Kim, "Hand-held Virtual Reality: A Feasibility Study," Proc. of ACM Virtual Reality Software and Technology, pp. 356-363, 2006.
- [7] Nintendo, www.nintendo.com
- [8] E. Smith and S. Kosslyn, Cognitive Psychology: Mind and Brain, Prentice Hall, 2006.
- [9] Dance Dance Revolution, www.konami.com
- [10] DirectX SDK, www.microsoft.com
- [11] OpenSceneGraph, www.openscenegraph.org
- [12] ARToolKit, www.hitl.washington.edu/artool-kit/
- [13] A. Davison, I. Reid, N. Molton and O. Stasse, "MonoSLAM: Real-Time single Camera SLAM," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 29(6), pp. 1052-1067, 2007.
- [14] G. Klein, D. Murray, "Parallel tracking and mapping for small ar workspaces," Proc. of Int'l Symp. on Mixed and Augmented Reality, pp. 225-234, 2007.
- [15] M. Lee, M. Lee and G. Kim, "Loosely coupled Mixed Reality: Using the Environment Metaphorically," Proc. of Int'l Symp. on Mixed and Augmented Reality (Poster), 2009.



이 명 호

- 2002년 3월~2007년 2월 아주대학교 전자공학부 학사
- 2007년 3월~2009년 8월 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 석사
- 관심분야 : HCI, 가상현실, 미디어아트



권 은

- 2004년 3월~2008년 2월 고려대학교 컴퓨터학 학사
- 2008년 3월~현재 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 석사과정
- 관심분야 : HCI, HRI, SLAM



이 명 희

- 2000년 3월~2007.02 호서대학교 게임공학과 학사
- 2006년 12월~2007.08 KIST 위촉 연구원
- 2008년 3월~현재 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 석사과정
- 관심분야 : 가상현실, 생체신호, HCI



김 정 현

- 1984년~1987년 Carnegie Mellon University 전자컴퓨터공학부 학사
- 1987년~1989년 University of Southern California 컴퓨터과학과 석사
- 1989년~1994년 University of Southern California 컴퓨터과학과 박사
- 1994년~1996년 NIST, Fellowship
- 1996년~2006년 7월 포항공과대학교 컴퓨터공학과 교수
- 2006년 8월~현재 고려대학교 정보통신공학부 교수
- 관심분야 : 가상현실, HCI, 컴퓨터음악